

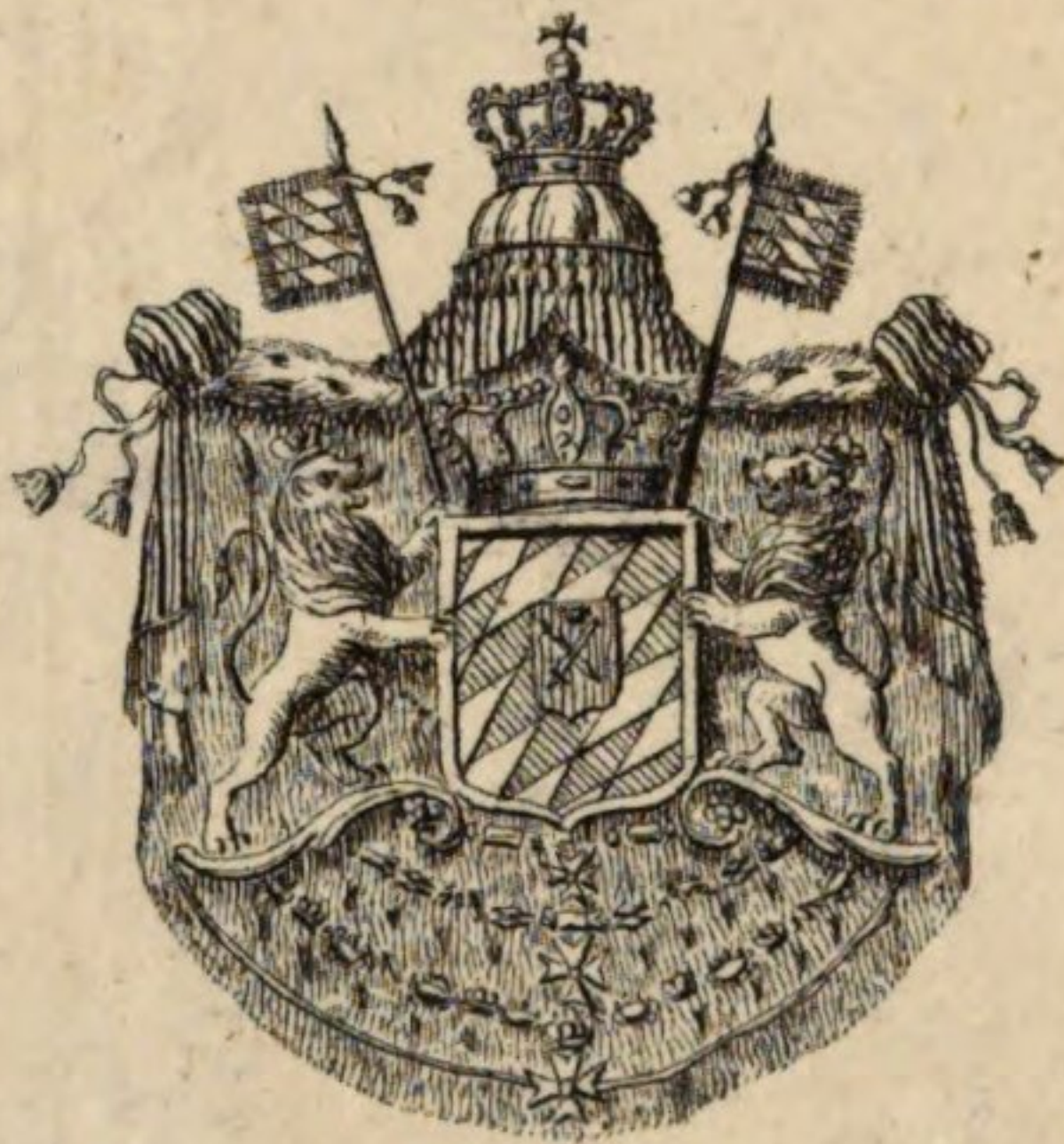
Phys. sp.

500

*h*



Phys. Sp.  
500h



**BIBLIOTHECA  
REGIA  
MONACENSIS.**







R



172

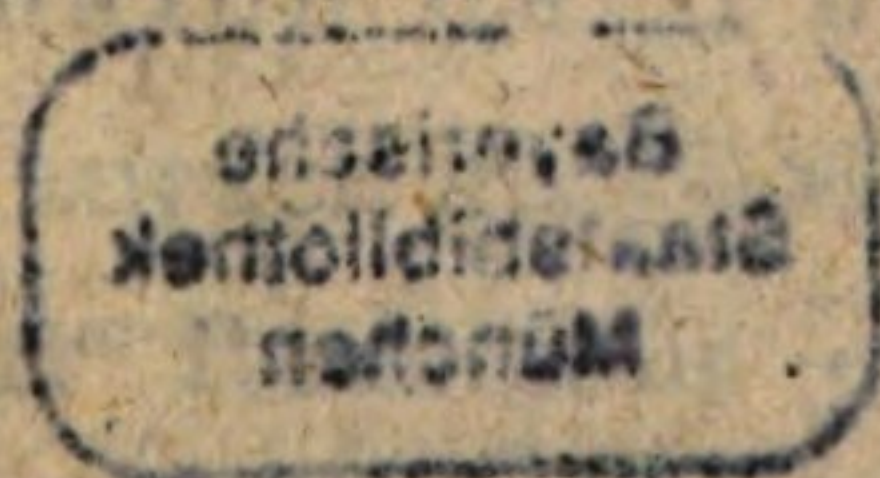
Über  
die Capillarität.

Eine Kritik

der Theorie des Grafen La Place über  
die Kraft, welche in den Haarröhren  
und bei ähnlichen Erscheinungen  
wirkt.

Von

G. F. Parrot,  
Professor in Dorpat.



---

Dorpat,  
bei Johann Friedrich Meinshausen.

280



über

# die Capillarität

Einleitung

der Theorie des Capillars in Bezug auf  
die Kräfte, welche in der Hydrostatik  
und bei fluiden Bewegungen

wirken

G. F. F. F.

Verlag von J. Neumann, Neudamm

Bayerische  
Staatsbibliothek  
München

Druck

bei J. Neumann, Neudamm



## V o r r e d e.

Ich mache eine in der neuesten Litterär-  
geschichte merkwürdige Thatsache bekannt,  
nämlich daß ein Physiker, der einige nicht  
ganz unwichtige Beiträge zur Erweiterung  
der Naturlehre geliefert hat, seit bald fünf  
Jahren es nicht dahin bringen konnte, daß  
eine von ihm verfaßte Abhandlung entwe-  
der in die Annalen der Physik einge-  
rückt oder ihm zurück gegeben werde, ob-  
gleich der Herr Redacteur der Annalen  
durch fünf bis sechs Briefe des Verfassers  
und durch zwei öffentliche Aufforderungen  
darum ersucht wurde, so daß es den An-



schein hat, als habe der Herr Redacteur diese Abhandlung der ewigen Vergessenheit oder vielmehr dem ewigen Nichtsein verurtheilen wollen. Hier die zwei öffentlichen Aufforderungen, wie sie in der jena'schen allgemeinen Litteraturzeitung adgedruckt wurden.

### Aufforderung

an den Redacteur der Annalen der Physik,

Herrn Professor Gilbert.

Im Mai 1811 schickte ich an den Herrn Professor Gilbert zwei Abhandlungen für die Annalen, in einem Paquete. Sie sind richtig angekommen; denn die Eine (die Beschreibung eines Calibrir-Instruments) ist bald darauf in den Annalen abgedruckt erschienen. Die Andere ist eine Beleuchtung der berühmten und voluminösen La Placeschen Theorie der Capillarität, welche die HH. Brandes und Gilbert auf eine sehr verdienstliche Weise für das deutsche Publikum bearbeitet haben. In meiner Abhandlung glaube ich streng erwiesen zu haben; daß die Fundamental-Formel der La Placeschen Theorie, so wie auch die Hauptansicht der Capillarität nach dieser Theorie, unrichtig sei, ohne jedoch irgend einen Ausdruck gebraucht zu haben, der der Hochachtung, welche ich gegen den großen Analytiker hege, im mindesten zuwider wäre. Nun ist diese Abhandlung nicht nur noch nicht in die Annalen aufgenommen, obgleich der Herr Redacteur



mich vor vielen Jahren zur Lieferung von Beiträgen (unter Anerbietung eines bestimmten Honorars, welches ich jedoch nie verlangt und nie erhalten habe) aufgefordert, und bis dahin auch alles von mir Eingeschickte aufgenommen hat, sondern Herr Professor Gilbert hat auf vier Briefe, welche ich ihm, seit der wieder hergestellten Gemeinschaft mit Deutschland, diese Abhandlung betreffend, geschrieben habe, nicht geantwortet.

Um nach vier Jahren endlich über das Schicksal dieser Abhandlung Auskunft zu erhalten, sehe ich mich genöthigt, den Herrn Professor Gilbert, wie hiermit geschieht, öffentlich zu ersuchen, diese schon so lange gebetene Auskunft gefälligst zu geben.

Ich füge nur noch hinzu, daß ich am 28. Febr. d. J., durch einen Aufsatz des Herrn Professors Brandes in den Annalen aufgefordert, drei Abhandlungen optischen Inhalts dem Herrn Professor Gilbert für die Annalen eingeschickt habe, wobei ich diesen an den letzten der erwähnten vier Briefe vom 19. Decbr. 1814 erinnerte.

Dorpat, im Mai, 1815.

## Zweite Aufforderung

an den Redacteur der Annalen der Physik,

Herrn Professor Gilbert.

Ich frage den Herrn Professor Gilbert: warum er auf meine seit dem Junius d. J. im Intelligenzblatte der jenaischen allgemeinen Litteratur-Zeitung No. 32 enthaltene Aufforderung nicht antwortet. Hält sich der Herr Redacteur der Annalen der Physik wirklich für den Eigenthümer meiner Arbeit, und dazu mit so unbedingtem Rechte, daß



er der Verpflichtung überhoben sei, auf meine private und öffentlich an ihn ergangene Anfragen zu antworten? Giebt's einen Codex in der deutschen Litteratur, worin dieses Recht verschrieben steht?

Ich hoffe, daß Herr Professor Gilbert auf diese zweite öffentliche Aufforderung schleunig antworten wird, um den Verdacht zu entfernen, der sonst aus seinem fernern Stillschweigen gegen seine Rechtlichkeit entstehen möchte.

Dorpat, den  $\frac{10}{22}$ . Decbr. 1815.

Parrot, Prof. der Physik.

Der Herr Professor Gilbert antwortete auf diese zwei Aufforderungen, wie auf meine Privatbriefe — nichts, obgleich, bei Einsendung der letztern Aufforderung, ich dafür sorgte, daß der Herr Redacteur der Annalen durch einen gemeinschaftlichen Freund, mit derselben Post, davon benachrichtigt werde, wodurch die Entschuldigung, als habe Er diese Aufforderungen übersehen, Ihm nicht zu Statten kommen kann.

Nach der Erscheinung meiner theoretischen Physik hatte ich ein Exemplar derselben an das französische Institut geschickt, mit der Bitte, dasjenige, was



mir in diesem Werke eigenthümlich ist, einiger Aufmerksamkeit zu würdigen. Eins der Mitglieder, mein Freund und Landsmann Herr Cuvier, welchem ich das Paquet adressirt hatte, schrieb mir zurück, daß einige Mitglieder des Instituts, welchen die deutsche Sprache das Aufsuchen in meinem Werke beschwerlich machte, mich ersuchen ließen, kurze Aufsätze in französischer Sprache einzuschicken, welche die Übersicht meiner eigenthümlichen Arbeiten enthielten. Ich schickte daher im Sommer 1812 sechs solche kleine Abhandlungen über verschiedene Gegenstände. Eine dieser Abhandlungen betrifft die Capillarität und hat nahezu gleichen Inhalt mit derjenigen, welche ich an Herrn Professor Gilbert geschickt hatte, und ich ersuche in derselben den Herrn Grafen La Place, seine Meinung darüber zu äußern, und zwar in Ausdrücken, welche das höchste Selbstgefühl nicht übel nehmen konnte. Allein La Place hat es, so viel ich weiß, für gut gefunden, weder mir etwas zu schreiben, noch dem In-



stitute (von welchem er meine Abhandlung erhalten) eine Mittheilung zu machen.

Ob diese zweite Thatsache mit der ersten in einigem Zusammenhange steht, oder ob Herr Professor Gilbert meine Arbeit zur Vernichtung verurtheilt habe, bloß weil sie eine Arbeit La Place's widerlegt, welche Herr Professor Gilbert (freilich stark über die Gebühr) gerühmt hatte, darüber mag der Herr Redacteur der Annalen sich erklären, und wo möglich die Entschlossenheit rechtfertigen, mit welcher er sich bis jetzt weigert, (denn noch im Julius 1816 habe ich ihm darüber geschrieben, indem ich ihm eine Abhandlung über die Zambonische Säule für die Annalen einschickte) auf meine öffentliche und Privat-Aufforderungen zu antworten.

Ich werde sogleich ein Exemplar dieser Abhandlung an den Herrn Professor Gilbert schicken, und ich fordere ihn hiermit zum dritten Male öffentlich auf, sich bestimmt über den Grund seines Verfahrens zu erklären. —



Herr Professor Gilbert ist diese Erklärung schuldig, dem Publikum, sich selbst und mir, und ich hoffe, daß sein Ehrgefühl ihm sagen wird, daß die dritte Aufforderung die letzte seyn soll. Er kann mich hierbei der Unfreundlichkeit nicht beschuldigen; ich berufe mich hierüber auf meine Briefe an Ihn, die Er sämtlich unbeantwortet gelassen hat. Ich erlaube Ihm, sie bekannt zu machen, wenn Er glaubt, sich damit rechtfertigen zu können. Ich will aus dieser Correspondenz nur folgendes anführen. Im ersten Briefe, welcher die Abhandlung selbst begleitete, ersuchte ich Ihn, eben weil Er diese Arbeit La Place's unserer unbedingten Bewunderung gleichsam übergeben hatte, in Gesellschaft seines damaligen Kollegen, Herrn Professors Pfaff, bekanntlich eines der ersten Mathematiker Deutschlands, meine Abhandlung zu prüfen und das gemeinschaftliche Urtheil sogleich in den Annalen mit der Abhandlung abdrucken zu lassen.

Dagegen lasse ich dem Herrn Professor



Gilbert darüber volle Gerechtigkeit wiederfahren, daß er, unsers Mißverhältnisses ungeachtet, meine drei optischen Abhandlungen im Januar 1816 einrückte und wahrscheinlich auch meine oben erwähnte Abhandlung über die Zambonische Säule eingerückt haben wird. Dadurch zeigt er wieder eine Unpartheilichkeit, die mir sein anderes Benehmen unbegreiflich machen sollte.

Nun noch einige Worte über diese Abhandlung, wie sie jetzt erscheint. Ich besitze den ersten Entwurf derselben noch, der aber bei der frühern Abschrift für die Annalen manche kleine Abänderungen erfahren hat, wie es bei meinen Arbeiten in der Regel der Fall ist. Diese Änderungen bin ich nicht im Stande genau wieder zu liefern, da mein Gedächtniß dazu nicht hinreicht; dafür werde ich jetzt diejenigen Änderungen an diesem Entwurf machen, welche ich überhaupt für zweckmäßig halte; indeß sollen sie den Ton, in welchem ich von La Place sprach, dessen ich mir sehr



wohl bewußt bin, durchaus nicht betreffen. Auch werde ich einiges mehr ausführen, als ich es, so viel mir noch rememberlich ist, damals that.

Ich werde außerdem noch einen bedeutenden Zusatz der Abhandlung hinzufügen, eine Kritik der vermeintlichen Ausdehnung der Grund-Ideen dieser La Place'schen Theorie auf andere Gegenstände der Naturlehre, welche die deutschen Herausgeber in einem dogmatisch-pomphaften Tone, als kostbare Blicke aus der tiefsten Tiefe der erhabensten Analysis geschöpft, hingeben, zu deren Höhe wir uns durch langes Studium erst hinauf zu schwingen trachten müssen.

Es liegt in der Ordnung der Dinge, daß mancher Physiker, der diese Bogen in die Hand nehmen wird, nur mit Vorurtheil gegen sie an das Lesen derselben gehen werde. Der Name La Place imponirt, und mit Recht. Aber die Wahrheit soll auch imponiren, und mit noch größerem Rechte.



Es mag auch in der Ordnung der Dinge  
 liegen, daß ein Recensent — doch, nein.  
 Kein Wort davon. Der bestochene Re-  
 censent wird an seiner Arbeit erkannt wer-  
 den.



## Vorwort

der für die Annalen bearbeiteten Abhandlung.

Ich habe bei Gelegenheit meiner Bearbeitung der Capillar-Phänomene in der Vorrede des ersten Bandes meines Grundrisses der theoretischen Physik meine innige Hochachtung gegen La Place auf eine deutliche Art an den Tag gelegt. Man wird es mir also nicht mißdeuten, wenn ich hier zu zeigen mich bemühe, daß die La Placesche Theorie fehlerhaft sei, so schön sie auch die Capillar-Phänomene im Ganzen zu erklären scheint. In der Ausführung ist diese Theorie wohl unangreifbar; denn sie ist eine höchst tief-sinnige mathematische Entwicklung mathematischer Sätze.

Aber die Principien, welche vor aller Mathematik vorangehen und die Verwandlung dieser Principien in Fundamental-Formeln, machen die schwache Seite dieser Theorie aus.



Ich hoffe dieses darzuthun, und nicht mit Unrecht zu warnen, die physikalischen Wahrheiten, wenn sie sich auch ins analytische Gewand einkleiden lassen, nicht unbedingt in Formeln einzuwickeln, weil man auf diesem Wege nicht leicht im Stande ist, einen eingeschlichenen Irrthum wahrzunehmen, und weil, wie es mit La Place's Theorie der Fall ist, es möglich ist, daß die Folgesätze der Theorie mit manchen dahin gehörigen physischen Phänomenen übereinstimmen, ohne daß diese Theorie die richtige sei. Ich hoffe, daß Kenner der angewandten Mathematik die Wahrheit dieser letzten Behauptung im Allgemeinen anerkennen werden, welche ich namentlich für den vorliegenden Fall durch folgende Untersuchung erweisen werde. Zwar ist diese Theorie mit dem ungetheiltesten Beifall aufgenommen worden, und ich fühle, was es auf sich hat, eine Theorie von La Place berichtigen zu wollen. Auch würde ich wahrscheinlich den allgemeinen Irrthum getheilt haben, wenn ich nicht vor der Erscheinung der La Placeschen Theorie die meinige ausgearbeitet hätte, welche alle Capillar-Phänomene leicht und befriedigend, däucht



mir, erklärt und die geometrische Evidenz für sich hat. Aber die Theorie der Capillarität wäre dann auf immer aus den Hörsälen der Physik verbannt gewesen; wo sind die Zuhörer, wo die Zeit für den Vortrag solcher Theorien, auch wenn man die Rechnungen nur in ihren Resultaten vortragen wollte?

In dieser Abhandlung citire ich die Bearbeitung der H. H. Brandes und Gilbert, welche im XXXIII. Bande der Annalen der Physik enthalten ist.



K r i t i k  
der La Placeschen Theorie der  
Capillarität.

Der erste Zweck einer solchen Theorie mußte seyn, die Anziehungskräfte in den Capillar-Phänomenen in Formeln zu bringen. Der einzige Satz, den La Place vorausschickt, ist, daß die Attractionen des Flüssigen zu sich selbst und zur Materie des Gefäßes, sich nur in unmeßbar kleinen Entfernungen äußern und sich unter einander der Intensität nach unterscheiden. Ein Satz, den ich in meiner theoretischen Physik angenommen und bewiesen habe.

Nächst dem besteht die Grundlage der Theorie La Place's in der Zerlegung der



hier vorkommenden Kräfte (p. 89—95) die sich auf die zwei folgenden Sätze zurückführen läßt. Man sehe Fig. 12, Tab. I, der Annalen Band XXXIII, oder Fig. I beifolgender Kupfertafel.

1. Die anziehende Wand des Gefäßes wirkt auf ein in der Wirkungs-Sphäre ihrer Attraction befindliches Theilchen A der Flüssigkeit im Punkte O so, daß der darüber stehende Theil der Wand für sich eine Anziehung äußert, der untere Theil auch für sich, und es wird jede der daraus entstehenden Kräfte in zwei, nämlich eine verticale und eine horizontale, zerlegt.

2. Die Attraction der Flüssigkeit gegen jenes Theilchen A der Flüssigkeit wird als von zwei Massen kommend betrachtet, deren eine durch eine unterhalb A liegende Säule pp'rD vorgestellt wird und deren Kraft bloß vertikal und abwärts wirkt; die andern aber unter einer flüssigen neben der vorigen befindlichen Säule p'qCr vorgestellt wird, und deren Kraft eine vertikale, herunterwärts ziehend, und in eine horizontale, von der Wand abziehend, zerlegt wird.

Diese Kräfte werden für die drei Fälle, da die Oberfläche eben, concav und con-



vex ist, algebraisch bestimmt, und die Summirung derselben liefert folgenden Satz:

Wenn die Flüssigkeit eben stehen soll, so muß die Anziehung der Wand gegen die Flüssigkeit halb so groß seyn, als die der Flüssigkeit gegen sich selbst. Soll die Flüssigkeit eine concave Oberfläche haben, so muß jene Anziehung mehr als halb so groß seyn, als diese. Soll die Oberfläche convex seyn, so muß jene kleiner als halb so groß seyn als jene.

Diesen Satz wollen wir den Hauptsatz nennen, nicht nur weil er den Grund zu der übrigen Rechnung enthält, sondern weil er die Veranlassung zu La Place's ganzem Gedankengang in dieser Theorie gegeben hat, nämlich daß man durch die Rechnung auf diese Anziehungs-Verhältnisse schließt, und daß die Figur der Oberfläche der Flüssigkeit die Ursache der Capillarwirkung ist. Wir wollen die Sätze 1 und 2, woraus der Hauptsatz deducirt worden ist, vorerst prüfen.

ad 1<sup>um</sup>. La Place nimmt hier an, daß der Theil der untern Wand, der unter dem



Theilchen A der Flüssigkeit, also unter der Oberfläche der Flüssigkeit ist, auf A Anziehung äußere, und sagt, daß sie der gleich sei, welche der obere (von Flüssigkeit entblößte) Theil der Wand äußert, und drückt beide Anziehungen durch einerlei Werth aus; daher alle verticale Anziehung der Wand aus den Formeln verschwindet und La Place nun alle Hebung und Depression von der Anziehung des Meniscus gegen den mittlern Faden der Flüssigkeit postuliren mußte. Dieses ist aber nicht richtig, sondern es ist nach mir folgendes das wahre Schema für die Construction dieser Anziehungen.

XY, Fig. II, sei die Wand des Gefäßes in der sehr kleinen Dicke, in welcher sie noch Flächen-Anziehung gegen die Flüssigkeit unterhalb ZV äußert; ZW sei eine verticale am Gefäß anliegende Säule der Flüssigkeit, deren Dicke die eines Integraltheils der Flüssigkeit oder so groß ist, als die Weite, bis zu welcher die Attraction reicht. Man theile sowohl die Wand, als die Säule, in correspondirende kleine Theile C, D, E, H etc. und A, B, F, G. etc. Es wird D nur eine horizontale Anziehung ge-



gen A äußern, weil ihre Schwerpunkte  $d$  und  $a$  in horizontaler Richtung sind. Es äußert aber E allerdings eine Anziehung gegen A, die wir durch  $ea$  ausdrücken können. Aber D äußert eine gleiche Anziehung gegen B, welche wir durch  $db$  ausdrücken. Jede derselben zerlegen wir in eine verticale und eine horizontale, die wir wie La Place  $\rho x$  und  $\rho y$  nennen können. Die beiden  $\rho y$ , auf A und B angewandt, ziehen A bloß an die Wand senkrecht an. Aber die  $\rho x$  von  $ea$  zieht A abwärts und die  $\rho x$  von  $db$  zieht B aufwärts, und B drückt also auf A mit der Kraft  $\rho x$  aufwärts. Folglich wird A durch B eben so stark aufwärts gedrückt, als es von B abwärts gezogen wird. Dasselbe kann von allen Theilen der flüssigen Säule ZW eben so leicht bewiesen werden. Folglich findet in der Säule ZW ein vollkommenes Gleichgewicht zwischen den von den Theilen der Wand D, E, H, I etc. herrührenden Kräften zur Depression und den Kräften zur Hebung statt. Die einzige übrig bleibende Kraft ist die von C auf A. Diese hat kein Gegengewicht, und muß also, im Falle die Wand von der Flüssigkeit naß gemacht wird, die flüssige Säule



herauf ziehen. Für den Fall des Nichtnafs-  
 werdens wird die Kraft  $\epsilon_a$  negativ, und die  
 flüssige Säule muß sich von der Wand ent-  
 fernen, sich nach der übrigen Masse der  
 Flüssigkeit hin biegen, und eine Depression  
 verursachen. Denn von den Anziehungen  
 der Wand auf die flüssige Säule  $ZW$  müs-  
 sen die Anziehungen der übrigen Flüssigkeit  
 auf  $ZW$  abgezogen werden und von dem  
 Ueberschusse der Anziehung der Wand  
 über die der Flüssigkeit auf  $ZW$ , nachdem  
 er positiv oder negativ ist, hängt es ab (wie  
 es in der theoretischen Physik gezeigt wur-  
 de) ob die Flüssigkeit die Wand nafs macht  
 oder nicht.

ad 2<sup>um</sup>. Die hier vorkommende Ein-  
 theilung der Masse von Flüssigkeit, welche  
 $A$  anzieht, ist willkührlich und unrichtig.  
 Willkührlich, indem sie ohne Grund zwei  
 deprimirende Kräfte  $\epsilon'_z$  und  $\epsilon'_x$  von einerlei  
 Art construirt, da man sonst immer bei der-  
 gleichen Analysen pflegt die mittlere aller  
 Anziehungen zu bestimmen, und diese in  
 die verticale und die horizontale zu zerle-  
 gen. Unrichtig ist diese Eintheilung, weil  
 sie nicht auf alle Fälle paßt. Denn, wenn  
 wir  $O$  (Fig. I) für den Ort des von der Wand



entferntesten, letzten, Theilchen nehmen, das noch von der Wand angezogen ist, so wird stillschweigend vorausgesetzt (in der La Placeschen Hypothese), daß die Attractionssphäre der Flüssigkeit gegen die Flüssigkeit nothwendig und immer größer sei, als die der Flüssigkeit gegen die Wand, welches nicht erwiesen ist, und nur für den Fall wahr seyn kann, da die Flüssigkeit die Wand nicht naß macht, da man dann mit Recht annimmt, daß eine stärkere Anziehung auch in größerer Entfernung wirke. Denken wir uns nun den entgegengesetzten Fall, da die Anziehung der Flüssigkeit zu sich selbst kleiner ist, als die zu der Wand, (den Fall nämlich, da die Wand naß wird) und der Punkt O stehe von  $p'$  in einer Entfernung, die gleich sei der größten, unter welcher die Flüssigkeit die Flüssigkeit noch anzieht, und zugleich von  $p$  auch in der äußersten Gränze der Anziehung von Seiten der Wand, so ist  $pO$  größer, als  $Op'$ , und  $pq = 0$ . Für diesen Fall paßt also die La Placesche Zerlegung der auf A wirkenden Kräfte nicht mehr; denn hier ist die Summe aller Anziehungen der Flüssigkeit auf  $A = 0$ , wenn A noch innerhalb des Wassers ist; und ist A



an der Oberfläche, so ist die verticale Anziehung der Flüssigkeit nur  $\rho'z$  und nicht  $\rho'(z+x)$ . So verschwindet auch  $\rho'y$  aus der Zahl der horizontalen Kräfte, welche nun nicht mehr  $(2\rho - \rho')y$  ist, sondern nur  $\rho y$ .

Ferner sieht La Place (p. 91 u. a. a. O.) die Oberfläche einer Flüssigkeit als eine Art freier Oberfläche an, welche einzig durch die beiderseitigen oft erwähnten Anziehungen gebildet wird. Kann aber dies angenommen werden? Denkt man sich durch den untersten Punkt des hohlen Meniscus und durch den obersten des convexen eine ebene Fläche, so drücken die Säulen der Flüssigkeit, welche innerhalb des ersten sich befinden, herab, und müssen also durch die aus den Attractionen resultirenden Kräfte getragen werden, und im zweiten Meniscus fehlen eben solche Säulen, deren Druck durch eben diese Kräfte ersetzt werden muß. Wie ist es möglich, das Gewicht dieser Theile bei der Construction der Krümmung des Meniscus außer Acht zu lassen?

Diese Betrachtungen werden jeden Unbefangenen hoffentlich überzeugen, daß diese Elemente der sonst mit dem seltensten analytischen Scharfsinn durchgeführten



Theorie La Place's, überhaupt einer Theorie nicht zum Grunde gelegt werden können und dürfen. Meine obige einfache Analysis der hier vorkommenden Kräfte scheint mir begründeter und der Betrachtung solcher Anziehungen angemessener. Übrigens läugne ich nicht, daß sich nicht über die hier bestmögliche Analyse noch viel disputiren ließe, und ich habe ehemals selbst mehrere mir gedacht, die aber mir nicht so passend schienen \*). Indefs würde es um die Physik schlimm stehen, wenn man nicht Criteria hätte, mittelst welcher man die Richtigkeit und Brauchbarkeit einer solchen Analyse erproben könnte. Diese Criteria sind vorzüglich 1) daß die Analyse so einfach als möglich sei, damit man die etwanigen Fehlschüsse leicht entdecken könne; 2) daß man nur die reinen Sätze der Statik oder Mechanik anwende, ohne willkührliche Bestimmungen zu statuiren, welche der Analyse den Character der Allgemeinheit entziehen würden; 3) daß diese Analyse

---

\*) In der für die Annalen bestimmten Abhandlung hatte ich noch eine geliefert, die ich aber als minder genügend hier weglasse.



und die darauf gegründete Theorie alle dahin gehörigen Phänomene erkläre; 4) daß sie mit keinem einzigen Phänomene im Widerspruch stehe. Wie die La Placesche Analysis und die meinige der ersten und zweiten Bedingung entsprechen, ist aus dem vorhergehenden klar. Daß meine Theorie der Capillarität alle zur Capillar-Wirkung gehörige Phänomene mit strenger geometrischer Consequenz erkläre und zwar mit einem ungleich geringern Aufwande an Mühe und Zeit, als die La Placesche; davon kann man sich aus meinem Grundrisse der theoretischen Physik leicht die Überzeugung schöpfen. Wir wollen nun nach Anleitung des vierten Criterium die La Placesche Analysis und dann seine ganze Ansicht dieser Gattung von Phänomenen prüfen.

La Place's Analysis liefert gleich anfangs ein Resultat, welches mit der Erfahrung in directem Widerspruche ist, es ist das Resultat, daß  $2\varrho = \varrho'$  ist, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit eine reine Horizontalfläche seyn soll. Nach meiner Analysis ist aber für diesen Fall  $\varrho = \varrho'$ . Ueber diese wesentliche Abweichung beider Analysen von



einander muß die Erfahrung entscheiden. Nach §. 114 meines Grundrisses der theoretischen Physik ist die Anziehung des Wassers zum Wasser auf 1 Quadrat-Zoll Oberfläche = 55 Gr. medicin. G. gefunden worden; die des Wassers zum reinsten Talge = 50 Gr. \*), also nur um wenig, um  $\frac{1}{11}$  kleiner als jene. Nun steht bekanntlich das Wasser in einem mit Talge überzogenen Gefäße nahezu horizontal, und etwas wenig convex, ganz dem Verhältnisse 50:55 analog, wenn meine Analysis die wahre ist. Nach der Analyse La Place's (p. 93) sollte die Wasserfläche nahezu eine hohle Halbkugel bilden, da  $\rho$  nahezu =  $\rho'$  ist; für den Horizontalismus müßte der Talg zum Wasser nur eine Anziehung von  $27\frac{1}{2}$  Gran haben, und für den wirklichen etwas convexen Stand nur etwa 25 Gr. Da ferner diese Anziehung nur um  $\frac{1}{11}$  kleiner ist, als die des Wassers zum Wasser, so müßte das Wasser in eine mit Talg überzogene Glasröhre sehr stark steigen; aber es steigt bekanntlich gar nicht, wie La Place auch bemerkt.

---

\*) Die des Wassers zum Baumöhle 52 Gr.



Auch mit der Wölbung des Quecksilbers im Glase stimmt La Place's Theorie nicht überein. — Denn die Anziehung des Quecksilbers zum Quecksilber beträgt auf 1 Quadrat-Zoll 497 Gr. und also  $\frac{1}{2} \rho' = 248,5$  dagegen  $\rho = 220$ . Mithin ist  $\frac{1}{2} \rho'$  nur um 0,13 größer, als  $\rho$ , und es sollte sich daher das Quecksilber in einer engen Glasröhre nur sehr wenig wölben, wogegen es bekannt ist, daß die Höhe dieser Wölbung etwa  $\frac{1}{2}$  des Radius der Röhre beträgt.

Endlich ist zu bemerken, daß in dieser La Placeschen Analysis der Krümmung des Meniscus, La Place keine Rücksicht auf den Durchmesser der Röhre nimmt, sondern (p. 93) die Höhe oder Tiefe des Meniscus schlechtweg von dem Verhältnisse  $\frac{\rho'}{\rho}$  abhängen läßt, so daß, wenn  $\rho = \rho'$  der Meniscus eine Halbkugel ist. Dagegen haben mir genaue Beobachtungen gezeigt, daß wenn die Glasröhre 1'' Weite hat, die Tiefe des Meniscus  $= 0,45''$  ist, daß diese Tiefe mit dem Durchmesser der Röhre bis zu 6'' ziemlich gleichmäfsig wächst, jedoch im abnehmenden Verhältnisse, so daß für  $d = 6''$  die Tiefe  $1,4''$  ist, und daß von diesem



gen A äußern, weil ihre Schwerpunkte  $d$  und  $a$  in horizontaler Richtung sind. Es äußert aber E allerdings eine Anziehung gegen A, die wir durch  $ea$  ausdrücken können. Aber D äußert eine gleiche Anziehung gegen B, welche wir durch  $db$  ausdrücken. Jede derselben zerlegen wir in eine verticale und eine horizontale, die wir wie La Place  $\rho x$  und  $\rho y$  nennen können. Die beiden  $\rho y$ , auf A und B angewandt, ziehen A bloß an die Wand senkrecht an. Aber die  $\rho x$  von  $ea$  zieht A abwärts und die  $\rho x$  von  $db$  zieht B aufwärts, und B drückt also auf A mit der Kraft  $\rho x$  aufwärts. Folglich wird A durch B eben so stark aufwärts gedrückt, als es von B abwärts gezogen wird. Dasselbe kann von allen Theilen der flüssigen Säule ZW eben so leicht bewiesen werden. Folglich findet in der Säule ZW ein vollkommenes Gleichgewicht zwischen den von den Theilen der Wand D, E, H, I etc. herrührenden Kräften zur Depression und den Kräften zur Hebung statt. Die einzige übrig bleibende Kraft ist die von C auf A. Diese hat kein Gegengewicht, und muß also, im Falle die Wand von der Flüssigkeit naß gemacht wird, die flüssige Säule



herauf ziehen. Für den Fall des Nichtnafs-  
werdens wird die Kraft  $\epsilon$  negativ, und die  
flüssige Säule muß sich von der Wand ent-  
fernen, sich nach der übrigen Masse der  
Flüssigkeit hin biegen, und eine Depression  
verursachen. Denn von den Anziehungen  
der Wand auf die flüssige Säule  $ZW$  müs-  
sen die Anziehungen der übrigen Flüssigkeit  
auf  $ZW$  abgezogen werden und von dem  
Ueberschusse der Anziehung der Wand  
über die der Flüssigkeit auf  $ZW$ , nachdem  
er positiv oder negativ ist, hängt es ab (wie  
es in der theoretischen Physik gezeigt wur-  
de) ob die Flüssigkeit die Wand nafs macht  
oder nicht.

ad 2<sup>um</sup>. Die hier vorkommende Ein-  
theilung der Masse von Flüssigkeit, welche  
 $A$  anzieht, ist willkührlich und unrichtig.  
Willkührlich, indem sie ohne Grund zwei  
deprimirende Kräfte  $\epsilon'z$  und  $\epsilon'x$  von einerlei  
Art construirt, da man sonst immer bei der-  
gleichen Analysen pflegt die mittlere aller  
Anziehungen zu bestimmen, und diese in  
die verticale und die horizontale zu zerle-  
gen. Unrichtig ist diese Eintheilung, weil  
sie nicht auf alle Fälle paßt. Denn, wenn  
wir  $O$  (Fig. I) für den Ort des von der Wand



Durchmesser an die Tiefe nicht mehr merklich zunimmt, sondern immer (meine Versuche gehen bis  $d = 16'''$ )  $= 1,4'''$  bleibt. \*) Welches offenbar beweiset, daß die Gestalt der Curve des Meniscus nicht von dem Verhältnisse  $\frac{\rho}{\rho'}$  allein abhängt, sondern daß der Durchmesser der Röhre einen wesentlichen Einfluß auf diese Krümmung habe, welches aber mit der von mir gegebenen Vorstellung der Entstehung dieser Krümmung sehr gut harmonirt.

Diese Betrachtungen zeigen zur Genüge, wie gefährlich es in der Physik ist, die einfachen Phänomene nicht von der Erfahrung zu postuliren, sondern sie aus zusammengesetzten Phänomenen durch Rechnung zu deduciren. Die Anziehung der Flüssigkeit zum Gefäße und zu sich selbst sind zwei einfache Phänomene, aber die Curve des Meniscus ist ein sehr zusammengesetztes. Und da La Place die wahre Gleichung

---

\*) Bei diesen Durchmessern ist die Hebung der Wassersäule noch sehr meßbar; denn bei  $d = 1'''$  habe ich die Höhe der Hebung  $= 2,66'''$  gefunden, welches für  $d = 12'''$   $h = 0,22'''$  und für  $d = 16'''$ ,  $h = 0,166'''$  giebt. Folglich gehören diese Phänomene völlig noch zu dem der Haarröhren-Wirkung im strengern Sinne.



chung zu dieser Curve nicht zu finden vermochte, und dadurch bewogen ward, die Kreislinie als Näherung zu substituiren, so mußten bedeutende Irrthümer in der daraus zu leitenden analytischen Construction der einfachen Phänomene entstehen. Der natürlichere Gang des Geometers, der von den einfachern Datis zu den zusammengesetztern Phänomenen und Lehrsätzen schreitet, ist in der Physik dem Gange des Analytikers vorzuziehen, überall wo jener möglich ist, und er ist es öfters, als man glaubt. Dafs es hier namentlich der Fall sei, glaube ich in meinem Grundrisse der theoretischen Physik bewiesen zu haben; und wenn man das unterschreibt, was La Place von den frühern Theorien der Capillarität sagt, so wird man mir hierin nicht einiges Verdienst absprechen.

Dieser Prüfung der La Placeschen Analyse zum Behufe der Figur der Oberfläche der Flüssigkeiten in den Haarröhren folge nun die Prüfung der Hauptbasis seiner ganzen Theorie, nämlich die Prüfung der Hypothese, daß diese Figur der flüssigen Oberfläche die Ursache der Hebung oder Depression der Flüs-



sigkeit in den Haarröhren sei, ein Paradoxon, welches nur aus den Händen eines so großen Mathematikers mit Beifall aufgenommen werden konnte, so wie der Vorwurf, den er (p. 27) den Physikern macht, daß sie die Concavität und die Convexität der Oberfläche in haarröhrartigen Räumen nur für eine entfernte Wirkung der Haarröhrenkraft und nicht für die Hauptursache aller haarröhrartigen Erscheinungen gehalten. Ich gestehe, daß, wenn dieser Vorwurf die Physiker trifft, er mich ganz vorzüglich treffen muß, da ich bestimmt annehme, daß die Anziehungen des festen Körpers und der Flüssigkeit auf die Flüssigkeit das Princip aller hierher gehörigen Erscheinungen sei, namentlich der scheinbaren positiven und negativen Rand-Anziehung der Flüssigkeit in weiten Gefäßen, der Curve der Oberfläche in weiten und engen Röhren, der Erhebung und Depression in den Haarröhren, der scheinbaren Anziehungen und Repulsionen kleiner schwimmender Körper etc.; ja daß die Krümmung der Oberfläche unmittelbare Folge der Erhebung oder Depression der Flüssigkeit an der innern Wand der Röhre sei.



Für die Widerlegung der La Place-  
schen Hypothese und die Bestätigung der  
meinigen und aller übrigen Physiker vor  
La Place, zur genauen Bestimmung dessen,  
was hier Ursache und was Wirkung sei,  
wollen wir die Erfahrung zur Richterin ma-  
chen, und zwar auf demselben Wege, den  
La Place eingeschlagen hat, als er sich durch  
die HH. Haüy und Tremery die Versuche  
anstellen ließ. Der Haupt-Versuch ist der  
p. 24 und 25 beschriebene Versuch mit der  
heberförmigen Röhre. Auf diesen stützt  
sich La Place ganz vorzüglich, und sieht  
ihn als einen siegreichen Beweis für seine  
Ansicht an.

Ich habe diesen Versuch oft wieder-  
holt und auf mannichfaltige Art modificirt.  
La Place schreibt das Fallen des Wassers in  
dem langen Schenkel, wenn der Tropfen  
von der Oberfläche des kurzen Schenkels  
abgenommen worden ist, dem Mangel an  
sphärischer Endung der Wassersäule im  
kürzern Schenkel zu, welcher Mangel na-  
türlich auch statt findet; wenn dieser kür-  
zere Schenkel im Wasser untertaucht. Hier  
meine Versuche und Beobachtungen, wel-  
che die Sache entscheiden:



Ich hatte vier verschiedene hebenförmige Röhren, alle sehr rein, durchaus neu, und das gebrauchte Wasser war destillirtes, die Temperatur  $1\frac{1}{4}^{\circ}$  R. Die Röhren hoben das Wasser wie folgt: No. 1 auf  $34'''$ , No. 2 auf  $24\frac{1}{2}'''$ , No. 3 auf  $21'''$ , No. 4 auf  $8'''$ , und ich sorgte durch tiefes Eintauchen des kürzeren Schenkels für eine vollkommene Benetzung des Theils des obern Schenkels, in welchem das Wasser hinauf und hinab steigen sollte (eine Vorsicht, die ich bei Haarröhren-Versuchen nie vernachlässigt, die auch La Place empfiehlt).

Erster Versuch. Irgend eine dieser Röhren sei mit Wasser gefüllt und am Ende A mit einem grossen Tropfen versehen, wie Fig. III. zeigt. Nun nähere man eine horizontale Platte P, von Glas, Holz, Messing oder geleimtem Papier, diesem Tropfen bis zur Berührung, so sinkt sogleich das Wasser in B um  $2\frac{1}{2}'''$  bis  $3'''$ . Senkt man die Platte nieder, so daß der Tropfen platt gedrückt werde, wie ab (Fig. IV.), oder hebt man die Platte in die Höhe, so daß der Tropfen gedehnt werde, wie de (Fig. V.), so bleibt der Stand des Wassers in B (Fig. III) derselbe, als von dem Augenblicke an, da



die Platte mit dem Tropfen in Berührung kam.

Es folgt schon aus diesem einfachen Versuche, daß die sphärische oder beinahe sphärische Gestalt des Tropfens nicht das ist, was den Stand des Wassers in B bestimmt, sondern die Adhäsion des Wassers zur Platte P, da der Tropfen seine Gestalt von einem Sphäroid ab mit convexer Revolutionslinie bis zu einer de mit concaver Revolutionslinie ändern kann, ohne daß der Stand des Wassers in B sich ändere. Nach welcher Theorie sollte die Attraction dieser so verschiedenen Sphäroiden einerlei Resultat geben?

Zweiter Versuch. Ich senkte alle vier Röhren in Wasser, um genau zu messen, wie hoch das Wasser in ihnen über dem Niveau steht, und bezeichnete mir die Stelle genau; wodurch ich die obigen Hebungen des Wassers für jede Röhre erhielt. Dann nahm ich sie heraus und ließ den Wassertropfen darauf, und betrachtete nun wieder den Stand des Wassers im Schenkel B. Ich fand den Unterschied in allen vier bis auf eine unbedeutende Kleinigkeit gleich, nämlich im Mittel  $1\frac{2}{3}''$ . Dann nahm ich



von allen vier den Wassertropfen mit Löschpapier allmählig ab, bis das Wasser in der Mündung der Röhre völlig horizontal und der Durchschnitt der Glasröhre trocken ward, aber nicht weiter, wobei ich mich, der Sicherheit wegen, eines Vergrößerungsglases bediente. Nun beobachtete ich wieder die Höhe des Wassers in B, und fand, daß sie in allen um 2''' gefallen war. Zugleich beobachtete ich wieder bei jedesmaligem Auflegen des Fließpapiers das Fallen und bei dem Abnehmen desselben das Steigen der Wassersäule in B.

Das Resultat dieses Versuches, nämlich das gleiche Fallen der Wassersäule durch die Abnahme des ganzen Tropfens, in allen vier Röhren von so verschiedener Capillar-Würkung spricht entscheidend gegen La Place's Theorie. Nach derselben kann der beobachtete Fall der Wassersäule für die vier Röhren nicht eine constante Größe seyn. Denn da der höchste Stand allein durch die hohle Krümmung in B und die convexe in A bedingt seyn soll, so müßte jeder der beiden Krümmungen (welche überdiß, beide, nach La Place, halbe Kugeln sind) die Hälfte der Würkung zu-



kommen, und es müßten die Depressionen durch die Abnahme des Tropfens  $17'''$ ,  $12\frac{1}{4}'''$ ,  $10\frac{1}{2}'''$ ,  $4'''$  seyn, oder, wenn man die Hebung nicht zwischen beiden Krümmungen gleich theilen will, doch aliquote Theile dieser Zahlen seyn. Allein der Versuch lieferte alle vier Depressionen  $= 2'''$ . Daß in den frühern Versuchen die Depressionen zwischen  $1\frac{1}{2}'''$  und  $2'''$  varirten, rührt wahrscheinlich von der relativ-größern oder geringern Masse der Tropfen her, welche, wie weiter unten gezeigt werden wird, nicht ganz gleichgültig ist. Der reinste Versuch ist der letzte und muß es seyn, da der Wassertropfen ganz abgenommen wird.

Vergleicht man nun das Resultat dieses letzten Versuches, nämlich die Depression der Wassersäule in B  $= 2'''$  mit dem schon angeführten Resultate der Adhäsion des Wassers zum Wasser  $= 55$  Gran medic. Gew. auf 1 Quadratzoll, so ergibt sich nach meiner Theorie eine auffallende Uebereinstimmung. Denn jene Adhäsion von 55 Gr. entspricht einer gehobenen Wasserschichte von  $2,04'''$ . Die Erklärung dieses Phänomens nach meiner Theorie ist ganz einfach folgende: Es sei der Wassertropfen



auf A gebildet, so daß dessen Theile alle sich in natürlichem Gleichgewichte der Schwere, der Adhäsion des Wassers zum Wasser und zum Glase der Grundfläche befinden, so ist es klar, daß dieser Tropfen keinen Einfluß auf die Höhe des Wassers im Schenkel B haben kann. Bringt man nun an der Oberfläche des Tropfens einen Körper an, dessen Flächen-Anziehung  $2'''$  Wasser hebt, so muß das Wasser in A mit einer Kraft  $= 2'''$  steigen und in B um so viel fallen. Und da wir gesehen haben, daß der Effect derselbe ist, ob man den Tropfen platt drückt oder in die Höhe zieht, so ist es klar, daß nur die Adhäsion des Wassers zum flachen Körper P diese Depression bewürkt.

Ist der Tropfen gleichsam überfüllt, d. h. bekommt er soviel Wasser, daß er mehr Höhe erhalte, als für das allgemeine Gleichgewicht der Anziehungen und der Schwere erforderlich ist, so muß bei der Berührung mit dem Körper P dieser Überschuss erst getragen werden, ehe die Wassersäule in B sinken könne; daher die Unterschiede in den Resultaten des ersten Versuches. Hat aber der Tropfen nicht so viel Wasser, als



zur Bildung der obigen Normalgestalt gehört, so muß die Flächen-Anziehung des Wassers zum Wasser dahin trachten, diese Gestalt herzustellen, d. h. die Höhe des Tropfens zu vergrößern und folglich auf der ganzen Basis, mithin auch auf der Mündung der Röhre, einen Zug von unten nach oben äußern, der in einem gewissen Verhältniß zu der fehlenden Höhe des Tropfens seyn und das Maximum von 2''' Wasserhöhe erreichen muß, wenn die Krümmung der Fläche unendlich klein, d. h. die Oberfläche des Wassers völlig eben geworden seyn wird. Nach dieser gänzlichen Wegschaffung des Tropfens kann die Wassersäule in B nicht wieder steigen, weil dieses Steigen eine Depression in A bewürken würde, wodurch in A ein hohler Meniscus entstünde, dessen Wirkung wieder eine Hebung in A, folglich eine Depression in B verursachen würde.

Senkt man eine solche Röhre ACB mit dem Tropfen in A und dem Maximum der Wassersäule in B, ins Wasser, so äußert das Wasser seine Flächen-Anziehung auf der Oberfläche A der getauchten Wassersäule, wodurch diese Säule um 2''' gehoben



und also um eben soviel in B herabgezogen wird. Hier thut die Adhäsion des äußern Wassers dasselbe, als früher die Adhäsion des Körpers P auf den Tropfen. In beiden Fällen hat man eine Kraft, welche das Wasser in A um etwa  $2,04'''$  hebt.

Dritter Versuch. Ich füllte wieder die Röhren wie in den vorhergehenden Versuchen, nahm nach und nach mit Löschpapier die Tropfen ab, und fand, wenn der Tropfen sehr groß war (die halbe Kugel erreichte oder übertraf), daß er von seiner Masse und Höhe viel verlieren konnte, ehe das Wasser in B einen permanent tiefern Stand erhielt. Meiner Schätzung nach (und ich darf wohl versichern, daß ich ein sehr geübtes Augenmaas habe) wird der senkrechte Radius oder die halbe kleine Axe des Tropfens um  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  kürzer, als die horizontalen Radien, ehe die Wassersäule in B sichtlich zu fallen anfängt. Dann aber fällt sie bei weiterer Verminderung des Tropfens allmählig, bis dieser ganz verschwunden ist und das Wasser horizontal in der Mündung der Röhre A liegt. Diese Beobachtungen bestätigen das Obige von einer Normalgestalt des Tropfens, unter welcher



der Tropfen keine Einwirkung auf den Stand des Wassers in B hat.

Fährt man fort, Wasser aus der Mündung A der Röhre zu nehmen, so fällt nun die Wassersäule in B beträchtlich schneller als vorher, und dieses dauert fort, bis das Wasser in beiden Schenkeln auf gleicher Höhe steht. Betrachtet man die Mündung A in den Intervallen dieser Operation mit dem Vergrößerungsglase, so sieht man, daß von dem Augenblick an, da das Wasser in B um 2''' gefallen ist und das Wasser in A eine horizontale Ebene gebildet hat, die Oberfläche des Wassers in A concav wird, immer mehr, jemehr man Wasser abnimmt, bis endlich, bei gleichem Stande des Wassers in A und B, die Höhlung völlig so tief ist, als die in B, welche während der ganzen Operation ihre scheinbare Sphäricität nicht geändert hat.

Ich habe diesen zweiten Theil dieses Versuches, der sich nach La Place's Theorie etwa eben so gut, als aus der meinigen erklären läßt, und daher nichts zu beweisen scheint, deswegen angeführt, weil er erklärt, warum Haüy (und La Place, wenn Letzterer bei den Versuchen zugegen war)



das Constante im Fallen der Wassersäule in B übersehen konnten. Wahrscheinlich ist die Gränze, da das Wasser in A eben und horizontal wird, bei einigen Versuchen nicht erreicht, bei andern überschritten worden, deren strenge Beobachtung aber jenes Constante allein aufzudecken vermag.

Ich war endlich begierig, den Einfluß der überwiegenden Adhäsion des Glases der Durchschnits-Oberfläche auf dieses Phänomen kennen zu lernen, da diese Glasfläche, welche in den vier gebrauchten Röhren sehr verschieden ist, bis zur gänzlichen Verschwindung des Tropfens vom Wasser überzogen bleibt. Es waren wichtige Erfolge von dieser Untersuchung zu erwarten.

Vierter Versuch. Ich füllte die Röhre No. 1 auf die gewöhnliche Art und bezeichnete den Stand des Wassers in B., dann verschloß ich die Öffnung des Schenkels B mit einem Wachstropfen, und nahm dann den Wassertropfen in A weg, bis die Glasfläche in A trocken wurde. Nun überzog ich diese Glasfläche mit Talg, reinigte mit einer feinen Nähnadel und unter Gebrauch des Vergrößerungsglases, die Öffnung von dem Talge und schmolz durch



eine kleine Papierflamme die dünne Talghaut, so daß sie ganz eben und die Öffnung rein und glatt wurde. Endlich stach ich am Schenkel B das Wachs durch, um den Druck der Luft wieder herzustellen; dadurch fiel das Wasser in B etwas und bildete einen kleinen flachen Tropfen über A. Diesen Tropfen nahm ich nun behutsam ab, bis das Wasser in der Mündung A völlig eben wurde. Dadurch fiel das Wasser in B bis 2''' unterhalb des ursprünglichen Standes. Nachdem ich die Talgfläche völlig getrocknet hatte, legte ich auf die Mündung A einen kleinen Wassertropfen. Das Wasser in B stieg sogleich um 2''' und der auf A übrig gebliebene Tropfen war völlig halbkugelförmig und kaum etwas größer, als die Mündung selbst. \*) Dann nahm ich dieses Tröpfchen allmählig ab \*\*) und die Wassersäule fiel wieder völlig um 2''', wie in den Versuchen mit großen Tropfen.

Endlich legte ich einen großen Tro-

\*) Dieses glückt nicht immer. Der Tropfen wird oft größer oder setzt sich nicht an. Indefs hat es mir öfters ge-  
glückt, wozu nur einige Geschicklichkeit erfordert wird.

\*\*) Dazu brauche ich, wie zu allen diesen Versuchen, schmale spitzig zugeschnittene Stücke Druckpapier.



pfen, der völlig halbsphärisch war und die ganze Oberfläche A deckte, darauf; dann nahm ich ihn nach und nach ab. Nach jedem allmählichen Abnehmen eines Theils des Tropfens erhielt der übrige Tropfen gewöhnlich eine irreguläre Gestalt, weil der unvermeidliche, aber oft unmerkliche Staub sich auf der Talgfläche irregulair ansetzt und ungleiche Anziehungen von Seiten der Grundfläche erzeugt. Die Wassersäule in B stieg oder fiel nach Verhältniß der Gestalt, die der Tropfen bekam, aber dieses Steigen und Fallen blieb immer innerhalb der Gränze von 2". Es war mir übrigens nicht schwer, durch geschickte Manipulation des Druckpapiers dem Tropfen Regularität zu verschaffen und sie sogar bis nahe an die Halbkugelgestalt zu bringen, wobei denn die Wassersäule in B immer auf ihren vorigen höchsten Standpunkt stieg, aber auch nie darüber. So konnte ich die Probe mit mehreren nahezu halbkugelförmigen Tropfen von sehr verschiedenen Durchmessern machen, welche Probe zum Resultat gab, daß bei allen solchen Tropfen, welchen Durchmesser sie haben mochten, die Wassersäule in B bis zu dem anfänglich beob-



achteten Maximum und nicht darüber stieg, und, bei völliger Abnahme derselben bis die Wasserfläche in A völlig eben war, die Wassersäule in B bis zu dem anfänglich beobachteten Minimum und nicht tiefer fiel. Diesen Versuch habe ich mit No. 1 u. No. 3 angestellt.

Aus diesen Versuchen folgt:

a) daß die Tropfen - Versuche mit der Glas- und mit der Talg-Oberfläche gleich ausfallen, mit dem bloßen Unterschiede, daß im ersten Falle der Tropfen fast bis zu Ende seinen ganzen Durchmesser behält, im letzten aber sich bei seiner allmählichen Abnahme sehr bald zusammenzieht; welches aus der geringern Adhäsion des Wassers zum Talge nothwendig folgt;

b) daß das Fallen der Wassersäule innerhalb derselben Gränzen geschieht, gleich viel, ob der Tropfen in A einen großen oder einen kleinen Durchmesser hat, und daß folglich der Hauptschluß aus dem zweiten Versuche gegen La Place's Theorie völlig richtig ist. Gegen diesen Schluß hätte man vielleicht einwenden mögen, daß die Tropfen, welche die ganze Glasfläche A decken, sehr viel größer sind, als der



Durchmesser der Wassersäule, und also als der Durchmesser des hohlen Sphäroids in B. (In der That ist's in der Röhre No. 1 der Fall daß diese beiden Durchmesser sich etwa  $\approx 15:1$  verhalten, und daß also das convexe Sphäroid in A nach La Place's Theorie nicht so stark wirken könne, als das concave Sphäroid in B, woraus sich zur Noth erklären ließ, daß die Wirkung jenes Sphäroids so klein ausfällt, jedoch nicht das Constante im Fallen durch die Abnahme desselben). Jetzt aber fällt auch dieser kleine Ausweg weg, da wir gesehen haben, daß, für einen und denselben Durchmesser der Wassersäule, nahezu halbkugelförmige Segmente von allerlei Durchmessern immer eine gleiche Wirkung äußern.

c) Dieser dritte Versuch zeigte, daß sowohl in der Röhre No. 1, als auch in der Röhre No. 3 das convexe halbkugelförmige Sphäroid A, von gleichem Durchmesser, als die Wassersäule, die er deckte, in beiden Fällen gleich wirkte, da dessen Abnahme eine Depression von 2'' in B bewirkte. Dieses Phänomen ist wiederum gegen die La Placesche Theorie entscheidend. Einmal sollte dieser convexe



Meniscus in A eben so viel würken, als der concave in B; folglich müßte die beobachtete Höhe des Wassers in B das doppelte seyn von dem, was einer von beiden Meniscus allein leisten kann, und durch Wegnahme des Erstern müßte diese Höhe genau um die Hälfte vermindert werden. Denn, vergleicht man die convexen Meniscus in A von gleichem Durchmesser, als die Wassersäule in der Röhre No. 1 und No. 3, wenn man den obigen Schluß etwa nicht zugeben wollte, so müßte wenigstens die Wirkung derselben im umgekehrten Verhältnisse ihrer Durchmesser seyn, also hier No 1 zu 3, wie  $34:21$ . Allein diese Wirkung zeigte sich in beiden gleich.

---

Wie konnte aber die La Placesche Theorie, welche auf zwei unrichtigen Voraussetzungen beruht, dennoch richtige Resultate liefern, nämlich solche, welche mit den Hauptphänomenen, die zur Haarröhrenwirkung gehören, übereinstimmen? Die Beantwortung dieser Frage ist leicht.



Es folgt aus der wahren Theorie der Capillarität, daß die generirende Curve des Meniscus in den haarröhrförmigen Räumen durch den Unterschied der Flächen-Anziehung der Flüssigkeit zu sich selbst und zur Materie des Gefäßes, mit der Schwere der Flüssigkeit combinirt, entsteht, so daß eine gewisse Relation zwischen der Natur (nicht der Figur) dieser Curve und jenem Unterschiede der Anziehungen statt findet. Eine Gleichung, welche sie sei, wenn sie nur richtig ist, ist der Ausdruck dieser Relation, und so müssen die Resultate auch richtig ausfallen, welche der hier vorkommenden GröÙe man als die Gegenstände des Problems ansehen möge. Zwar ist der Fundamentalsatz falsch, daß die Wasseroberfläche dann eben ist, wenn  $\varrho = \frac{1}{2}\varrho'$ . Allein dieser Satz dient La Place nur zur Bestimmung, ob die Oberfläche der Flüssigkeit hohl oder convex sei; und da er sich nicht auf die Fälle einläßt, wo diese Frage nicht schon anderweitig entschieden ist, so kommt er damit nicht ins Gedränge; aber im Beispiele mit dem Talge reicht seine Theorie schon nicht hin. Dieses ist um so richtiger, als La Place die Hebung und Depression



von der Action des Meniscus auf den unendlich dünnen Faden der Flüssigkeit, der in ihrer Mitte liegt, ableitet, eine Action, welche durch den Winkel, den das Element der Curve an diesem Punkte mit diesem unendlich dünnen Faden macht, bedingt wird. Den Meniscus selbst aber läßt Er durch den Conflict der beiden Flächen-Anziehungen sich bilden.



## Zusatz zu der vorigen Abhandlung.

In der vorigen Abhandlung ist gezeigt worden, daß die Theorie des Herrn Grafen La Place in ihren zwei Fundamental-Sätzen unrichtig sei. Was bleibt also von dieser Theorie übrig? Zweierlei: die Rechnung und die Ideen, welche ihr Verfasser für andere Zweige der Naturlehre daraus gezogen hat.

Die Rechnung ist ein Muster von analytischem Scharfsinn, und wird als solches in der Wissenschaft bleiben, aber nicht als Theorie der Capillarität, weder als eine wahre, noch als eine brauchbare. Dieses Schicksal wird sie mit der Arbeit manches frühern berühmten Mathematikers theilen, der auf einem ähnlichen Wege sich eine Bahn in die Physik zu eröffnen dachte. Merkwürdig ist es, daß Newton nicht zu dieser Zahl gehört! Die Ideen oder Schlüsse, welche La Place aus dieser Theorie gezogen hat, oder vielmehr die Behauptung, daß die Bewegung der Himmelskörper, die Bewegung der unendlich kleinen Massen in der Flächen-Anziehung, die Bewegungen



und Verwandlungen in der Affinität und endlich die Phänomene der Optik, sich alle aus einem Princip, aus der Betrachtung der Curven und der Bahnen dieser unendlich großen und unendlich kleinen Massen erklären lassen. — Diese Behauptung sei der Gegenstand folgender Betrachtungen. Wenn man gigantische Körper in der Entfernung mit dem Telescope am bequemsten übersieht, so betrachtet man gigantische Ideen am sichersten in der Nähe und mit Hülfe des Mikroskops. Daher theile ich diese Betrachtungen in einzelne Artikel ein.

#### 1. Von der Affinität.

La Place statuiert mit Recht, daß ein Unterschied zwischen Flächen-Anziehung und Affinität sei. Er setzt aber diesen Unterschied darin, daß die Affinität, gleich der Schwere, in die Körper eindringe, die Flächen-Anziehung aber sich auf die Oberfläche der Körper einschränke. Wie ist dieses zu verstehen? Heißt es so viel als: zwei Integraltheile der Materie wirken durch Flächen-Anziehung so auf einander, daß nur die Oberflächen einander anziehen, durch Affinität aber so,



daß die ganzen Massen sich wechselseitig anziehen? Oder: zwei Integraltheile wirken durch Flächen-Anziehung so auf einander, daß bei ihrer Berührung alle Anziehung aufhört, durch Affinität aber so, daß nach der Berührung die Anziehung noch fort dauert?

Wir wollen die Sache unter beiderlei Auslegung betrachten.

Erste Auslegung. Hier ist wieder ein doppelter Sinn möglich. Entweder meint La Place, daß die Mollécules in der Flächen-Anziehung so wirken, daß ihre Oberflächen als Oberflächen, und nicht als materielle Theile der Mollécules, die Anziehung (die Annäherung in unmeßbar kleinen Entfernungen) bewirken. Dieses wird La Place schwerlich behaupten wollen, da die Oberfläche, d. h. die mathematische Begrenzung, eines Körpers nichts Materielles ist. Zwar theilt der große Mathematiker den Figuren der Körper eine Rolle in den Affinitäts-Phänomenen zu; aber er meinte gewiß darunter nur die Materie selbst, in so fern sie in verschiedenen Relationen der Distanz zu sich selbst, einerseits in einer einzelnen Mollécule und andererseits von



Mollécule zu Mollécule, sich befindet. Wir müssen also annehmen, daß La Place unter Oberfläche die äußerste unendlich (wenigstens unmeßbar) dünne Schichte der Materie einer Molecule verstanden habe. Aber dann ist sein Satz falsch; denn es sei  $a$  der Halbmesser einer Mollécule,  $b$  die größte Weite des Wirkungskreises der Materie in der Flächen-Anziehung, beide unendlich klein, oder (wie ich den Ausdruck gewählt habe) physisch unendlich klein. Wenn nun die Flächen-Anziehung, d. h. die Anziehung der äußersten Schichte, der einen Mollécule  $X$  die andere Mollécule  $Y$  bis zur Distanz  $\frac{1}{n} b$  gebracht hat, so müssen alle übrigen Theile von  $X$  und von  $Y$ , welche höchstens um  $\frac{1}{n} b$  von der Oberfläche entfernt sind, in der Anziehungs-Sphäre sich befinden, und also an der Flächen-Anziehung Theil nehmen. Folglich ist die Wirkung der Flächen-Anziehung nicht bloß auf die Oberfläche eingeschränkt, sondern sie muß auch sich auf das Innere der Mollécule erstrecken. Oder wird La Place ein Tertium statuiren wollen, daß nämlich die Mollécules aus zweierlei Materie bestehen, deren eine, an den Grenzen der Mollécules,



gleichsam die Rinde derselben, mit der Attractionskraft begabt sei, die übrigen innern, der Kern, aber nicht, sondern in dieser Hinsicht nur als todte Masse anzusehen sei? Diese Hypothese, welche den Stempel der ausschweifendsten Willkührlichkeit an sich trägt, wollte wohl La Place nicht aufstellen, und er hat sie auch nirgends ausgedrückt. \*)

Zweite Auslegung. Sie besteht darin, daß bei der Flächen-Anziehung die Attraction aufhören soll, wenn die Mollécules sich berühren, aber fortdauern, wenn es chemische Anziehung ist. Diese Behauptung wäre vollends widersprechend, da man umgekehrt von jeder Anziehung annehmen muß (wie La Place namentlich von der Flächen-Anziehung angenommen hat), daß sie mit der Abnahme der Distanz zunehme, woraus man sogar (obgleich mit Unrecht) geschlossen hat, daß diese Anzie-

---

\*) Vielleicht wird diese Hypothese, die ich nur nebenbei aus seinen Behauptungen gezogen habe, La Place gefallen, da die so gestalteten Mollécules eine Ähnlichkeit mit unserm Erdball haben, der bekanntlich aus einem Kerne und einer Rinde von sehr verschiedenem specifischen Gewichte besteht. Es liefs sich darüber — wenigstens recht viel rechnen.



hung in der mathematischen Berührung unendlich groß werden könne. Wollte man annehmen, daß diese Art von Anziehung in directem Verhältnisse irgend einer Potenz der Entfernung ab- und zunehme, um die Anziehung in der Berührung  $= 0$  zu rechtfertigen, womit könnte man die Hypothese selbst rechtfertigen?

Man sieht aus dieser Beleuchtung, daß La Place die Hauptschwierigkeit (daß nämlich die Flächen-Anziehung in den festen elastischen Körpern mit der Entfernung der Mollécules von einander zuzunehmen scheint, und daß ihre gewaltsame Annäherung scheinbar eine Zurückstößung bewirkt) nicht gehoben, nicht einmal gemindert hat. Ungleich belehrender hierüber ist die Inaugural-Dissertation eines meiner ehemaligen Zuhörer, des Herrn Doktor und Professor Pauker: *De nova explicatione phaenomeni elasticitatis corporum rigidorum*. Dorpati, 1813. Der scharfsinnige Verfasser, der zugleich in dieser Dissertation einen schönen Beweis von großer Gewandtheit in der höhern Analysis geliefert hat, stellt nur die Hypothese auf, daß die drei nächsten Integraltheile eines elasti-



schen Körpers, ihrer Lage nach, ein Dreieck bilden, ohne sich geometrisch zu berühren, und zeigt, daß, wenn diese drei materiellen Punkte sich nach dem Gesetze einer umgekehrten Potenz der Entfernung wechselseitig anziehen, die Anziehung eines jeden durch die beiden andern in einer gewissen Distanz von diesen beiden ihr Maximum erreicht; daß aber, wenn die Distanz dieses einen materiellen Punkts zur Verbindungslinie der beiden andern Punkte abnimmt, die Stärke der Anziehung gleichfalls abnimmt, und daß, wenn diese Entfernung zunimmt, diese Anziehung auch abnehmen muß. Woraus es sich ergibt, daß die natürliche Lage der Integraltheile eines elastischen Körpers eine solche ist, bei welcher die Entfernung jedes dieser drei materiellen Punkte von der gegenüber liegenden Verbindungslinie der beiden andern kleiner ist, als diejenige, welche dem Maximum zukommt; daß wenn man durch eine äußere Kraft diese Entfernung vermehrt, die Äußerung dieser Anziehung zunimmt, bis sie in der bestimmten Entfernung ihr Maximum erreicht, dann aber weiter hinaus durch die angewandte Kraft sogleich



überwunden wird, und das Aggregat sich ganz trennen muß. Durch diese höchst sinnreiche und sonst in der Analogie wohl begründete Idee, die mehr Werth hat, als alles, was La Place uns über die Flächen-Anziehung gesagt hat, ist die Möglichkeit der Construction der Phänomene der Flächen-Anziehung erreicht.

Was wird dagegen durch La Place's hypothetischen Satz, in welchem Sinne er auch genommen werden möge, gewonnen? und vollends für die Lehre der Affinität? Ich frage jeden Physiker, dem man diese Ideen als tiefe Weisheit aufdringt, bei seiner Wahrheitsliebe. Die Eintheilung der Affinität in die der ersten und zweiten Art, nachdem die Stoffe ihre charakteristischen Eigenschaften einander mittheilen oder wechselseitig zerstören, welche die Natur, nicht ich, gemacht hat, läßt sich nicht wegdisputiren, da sie nur der reine Ausdruck der Phänomene ist. Sagen uns nun La Place's Ideen, warum oder wie diese zweierlei Affinitäten bestehen? warum ein Paar Stoffe, die sich wechselseitig mischen, freiwillig und durch alle Räume zu einander wandern, und ihre Eigenschaften beibehalten, indess ein



anderes Paar sich ebenfalls mischt, gleichfalls diese freiwillige Wanderung vollzieht, wobei aber die charakteristischen Eigenschaften jedes dieser beiden Stoffe zerstört werden? Warum diese beiden Wirkungen der beiden Affinitäten gleichzeitig in demselben Paare statt finden können, wenn das sogenannte Sättigungs - Verhältniß nicht statt findet? Sagen sie uns endlich, was diese Vereinigung sei, wodurch zwei Stoffe ihre charakteristischen Eigenschaften verlieren, und scheinbar einen dritten Stoff mit neuen Eigenschaften bilden? — Nichts von diesem allen. Laßt uns lieber in solchen Fällen unser Unvermögen, gewisse Geheimnisse der Natur, wenigstens für jetzt, zu enthüllen, ehrlich gestehen, als mit chimärischen Ansichten oder gar nur mit leerem Wortgepränge uns und Andere zu täuschen.

La Place glaubt, Berthollet's Gesetz der chemischen Masse durch die obigen Ansichten erklärt zu haben. Wo ist diese Erklärung? Doch nicht in dem Paar Zeilen, welche sich hierüber p. 374 vorfinden? Ich gestehe offenherzig, daß ich diese Zeilen nicht im mindesten verstehe, und bitte je-



den Physiker, besonders La Place's Commentatoren, da La Place selbst auf meine Bitten keine Rücksicht nimmt, um Belehrung. Gerade hier, bei diesem Satze Berthollet's, wodurch die Chemie auf reinmechanische Principien zurückgeführt wird (mit Recht oder Unrecht), hätte der Geometer uns eine mathematische Entwicklung seiner Ansicht geben sollen.

Zugleich meint La Place (p. 379), daß aus derselben Ansicht, und mittelst eines gewissen Gesetzes von einem stabilen Gleichgewichte (eines jener vielen hypothetischen Gesetze, deren man so manche einführen will, die nicht zu erweisen, aber zu allem zu brauchen sind) das Gesetz der festen chemischen Verbindungs-Verhältnisse erklärt werden könne. Wie? dieselbe Theorie soll den Satz der chemischen Masse, d. h. den Satz der wandelbaren chemischen Verhältnisse, und den der festen chemischen Verhältnisse zugleich begründen? Begreife dieses, wer kann! — Newton hat allerdings Proben einer Art von Divinations-Vermögen in der Naturlehre gegeben, und er mag hierin Nachfolger haben. Aber Newton hat nie behau-



ptet, daß aus seiner Theorie des Lichts zugleich folge, daß der Diamant ein verbrennlicher und ein schon verbrannter oder nicht verbrennlicher Körper sei.

Wollte La Place etwas sehr Bedeuten- des für die Theorie der Affinität (die er die Philosophie der Chemie nennt) leisten, und zwar auf dem höhern Wege der Analysis, so fand er in einer der oben erwähnten, dem französischen Institute von mir eingesandten Memoires eine schöne Gelegenheit dazu. In diesem Aufsätze ersuche ich Ihn, mein Unvermögen offenherzig eingestehend und sein eminentes Talent verehrend, die Gleichung oder das Gesetz aufzusuchen, welche, bei der chemischen Wanderung der Stoffe, den Grad der Schwängerung für bestimmte Zeiten und für bestimmte Entfernungen von der ursprünglichen gemeinschaftlichen Gränze der Flüssigkeiten an liefert. La Place's Scharfsinne konnte nicht entgehen, wie wichtig für die Theorie der Chemie und speciel für die Optik die Auflösung dieser Aufgabe sei. Demungeachtet scheint Er sie unter seiner Würde gehalten oder vielleicht dem Interesse der französischen Schule (welche die Lichtphänomene durch Annahme zweier



Seiten im Lichtstrahle erklären will) nicht angemessen geachtet zu haben.

## 2. Von der Flüssigkeit.

La Place statuirt einen Zustand der vollkommenen Flüssigkeit, und man muß glauben, daß dies auch aus seinen allgemeinen Ansichten der Flächen-Anziehung fließt, vielleicht dadurch, daß er annimmt, daß die Mollécules der Flüssigkeiten sich mathematisch berühren und (nach der obigen zweiten Auslegung) im Contacte die Flächen-Anziehung  $= 0$  sei. Er definirt diesen Zustand eben damit, daß die Theilchen des Flüssigen in allen Lagen gleichen Attractionskräften und gleichen Repulsionskräften des Wärmestoffs ausgesetzt sind, (welches auch von zähern Flüssigkeiten wahr seyn muß,) und dem leichtesten Drucke ausweichen, und findet diese vollkommene Flüssigkeit bei dem Alkohol in einer weit höhern Temperatur, als die seines Frierpunkts. Aber dieser Behauptung des Ausweichens durch den leisesten Druck wird durch die Erfahrung widerlegt, wenn man nicht eine bedeutend dicke Schichte der Flüssigkeit hat, in welcher sehr viele Theile zugleich und jede nur um ein beinahe un-



endlich Kleines ausweichen kann. Man sehe meine theoretische Physik 1. Bd., §. 73, p. 45 u. 46, wo ich diesen Gegenstand sehr kurz, aber, wie ich glaube, deutlich genug behandle. Der dort angeführte Versuch, der in einer Temperatur von  $+14^{\circ}$  R. stattfand, ist folgender:

Ich nehme eine Spiegelplatte, deren obere Fläche völlig horizontal gestellt wird, dann eine gläserne Adhäsions-Platte von 2 Zoll im Quadrate, befeuchte die ganze Oberfläche der letzten, wo möglich mit einem Minimum von einer Flüssigkeit, und lege sie auf die Spiegelplatte. An den Griff der Adhäsionsplatte hänge ich zwei gleiche Wagschalen, deren Schnüre über höchst bewegliche Rollen laufen und die Adhäsionsplatte in entgegengesetzten Richtungen ziehen. Um sie nach einer Seite zu bewegen, lege ich in die eine Wagschale Gewichte, bis die Bewegung erfolgt.

Ist keine tropfbare Flüssigkeit, sondern nur Luft zwischen den Platten, so ist das erforderliche Gewicht um das erste Rücken der obern Platte, welche 1064 Gr. medic. Gew. wägt, nahezu - 300 Gr.



Ist destillirtes Wasser zwischen den  
Platten, so ist das erforderliche  
Gewicht nahezu - - - 3500 Gr.

Ist Weingeist zwischen den Platten,  
so ist das erforderliche Gewicht  
nahezu - - - 6000 Gr.

Wenn gleich nun mein Weingeist nicht der allerbeste war, so ist die hier gefundene erforderliche Kraft von 6000 Gr. zur Ueberwindung der Zähheit desselben nicht den wenigen Procenten Wasser, die er enthielt, allein zuzuschreiben, um so mehr, da das zähere Wasser sich mit 3500 Gr. verschieben läßt. Noch muß ich bemerken, daß, als ich die Adhäsionsplatte in verticaler Richtung von der Spiegelplatte abriß, beide Oberflächen mit der Flüssigkeit wellenartig überzogen waren. Übrigens bin ich weit entfernt, aus diesem Verhältnisse der Kräfte 3500 und 6000 zu schließen, daß der Weingeist zäher sei, als das Wasser; denn die Versuche mit der von einem mit Weingeist und mit Wasser angefüllten Gefäße vertical abgerissenen Adhäsionsplatte zeigen für den Weingeist, auch sogar für Baumöhl, weniger Widerstand, als für das Wasser. Dieses auffallende Verhältniß 3500:6000 er-



klärt sich daraus, daß der Weingeist, der eine geringere Anziehung zu sich selbst, und eine viel größere zum Glase hat, als das Wasser, sich in einer ungleich dünnen Schichte auf der Adhäsionsplatte ausbreiten läßt, als das Wasser; und dieses Resultat zeugt directe für die Wahrheit meiner Ansicht von diesen Phänomenen, daß nämlich die Flächen-Anziehung sich sehr groß zeigt, wenn man mit sehr dünnen Schichten zu thun hat, so klein sie auch bei bedeutend dicken Schichten erscheinen mag, so daß zu erwarten ist, daß sogenannter absoluter Alkohol einen noch größern Widerstand äußern wird.

### 3. Von den Gasen.

La Place steht mit der Erfahrung wieder im Widerspruche, wenn er (p. 377) behauptet, daß man könne, ohne die Spannung eines gegebenen Volums irgend eines Gases zu ändern, statt einiger in diesem Volum zerstreuter Gastheilchen eine gleiche Anzahl Theilchen eines andern Gases substituiren. Ein solcher Satz war von einer Theorie zu erwarten, in welcher keine Rücksicht auf die Affinität der ersten Art genommen wird, in



welchem also die Mischung der Gase, welche sich nicht wechselseitig zersetzen, nur eine Äußerung der Flächen-Anziehung seyn kann. Allein meine Versuche (theor. Phys. II. Bd. p. 451) beweisen, daß solche Gase, wenn sie mit einander in Berührung gebracht werden u. sich freiwillig mischen, einen kleinern Raum, als vorher, einnehmen, und folglich daß ihre Spannung vermindert worden sei.

So steht gleichfalls der Satz La Place's (p. 377), daß die gegenseitige Attraction der Gase im Vergleiche mit der Repulsivkraft der Wärme unmerklich sei, mit der Erfahrung im Widerspruche. Denn Letztere ist nicht unendlich groß, sondern meßbar durch die Erhöhung der Elasticität, und so müßte die Flächen - Anziehung der Theilchen der Gase unter sich unendlich klein seyn. Nun aber hat mein Sohn in seiner Preisschrift (Über Gasometrie nebst einigen Versuchen über die Verschiebbbarkeit der Gase. Dorpat, bei Grenzius) Versuche angeführt, die er mit dem von ihm erfundenen, daselbst beschriebenen, aber noch wenig bekannten, höchst genauen Gasometer angestellt hat, welche beweisen, daß verschiedene Gase eine



messbar verschiedene specifische Adhäsion ihrer Theile für sich haben, und daß auch bei einem und demselben Gase die Wirkung dieser Adhäsion sehr merkbar von dem Drucke abhängt, unter welchem das Gas steht.

#### 4. Von dem Lichte, in Bezug auf Capillarität.

La Place behauptet (p. 383), daß es fast unmöglich sei, die Intensität der Kraft, mit welcher die Körpertheilchen einander anziehen, durch Erfahrung zu bestimmen (ich habe es für mehrere Flüssigkeiten einzeln, für mehrere Paare von Flüssigkeiten unter sich und für feste Körper und Flüssigkeiten, von welchen sie nicht naß werden, geleistet) und sagt: „Wir wissen, daß sie unvergleichbar größer sei, als die Haarröhrenkraft.“ Wir wollen es übersehen, daß früher La Place demungeachtet eine vollkommene Flüssigkeit statuirt, und seinen Beweis kritisch betrachten. Er zeigt durch Rechnung (p. 386), daß die Wirkung der Adhäsion des Wassers zum Wasser dem Drucke einer Wassersäule (von gleicher Schwere, als das Wasser an der Erdoberfläche), und von einer Höhe  $s$ , welche 10,000-mal größer ist, als



der Abstand der Sonne von der Erde, gleich sei! War es dem tiefen Analytiker ein Ernst, daß wir an dieses Kunststück der Rechnung glauben sollen, da doch das Auseinanderreißen zweier benetzter gläsernen Adhäsions-Platten in senkrechter Richtung auf die adhäreirenden Flächen nur eine Kraft von etwa 2500 Gr., oder einer Wassersäule von 92 Linien gleich, auf einen Quadratzoll erfordert? Und wenn die auseinander gerissene Schichte der Flüssigkeit auch 10,000-mal dicker war, als ihr Minimum seyn kann, so ist doch die von La Place berechnete Kraft noch 700,000 Millionen mal größer, als die Erfahrung sie geben würde. Dieses wahrhaftig ungeheure Paradoxon zu erklären, brauche ich nur anzuführen, daß La Place seine Rechnung in der Hypothese macht, daß die Anziehung des Wassers zum Wasser gleich sei der Anziehung des Wassers zum Lichte. Zwar bescheidet sich La Place gleich nachher (vermuthlich durch sein Resultat erschreckt), daß jene viel schwächer sei, als diese. Aber, setzt er hinzu, dennoch ist sie erstaunend groß in Vergleichung mit der Haarröhren-



**kraft.** Ich frage, woher La Place dieses weiß? Glaubt Er, daß man ihm zugeben werde, daß, wenn seine Rechnung nicht ganz richtig ist, sie doch ein wenig richtig sei? Sie ist ganz und gar unrichtig aus zwei Gründen. Fürs erste ist die Haarröhrenkraft nach der wahren Theorie, wie es in der obigen Abhandlung bewiesen worden ist, nichts als das Resultat der combinirten Flächen-Anziehungen der Flüssigkeit zur Flüssigkeit und zur Wand der Röhre. Die Höhe der gehobenen oder deprimirten Säule der Flüssigkeit ist das relative Maas dieses Resultats, und wenn man bedenkt, daß die hier wirkende Kraft in dem physisch-unendlich schmalen Ringe der Röhre, welcher unmittelbar über dem obersten Ringe der Flüssigkeit liegt, sich befindet, so wird man finden, daß diese Kraftäußerung mit den Adhäsions-Versuchen nicht im Widerspruche steht. Zweitens beruht La Place's Rechnung auf einem unrichtigen Satze, nämlich daß die Anziehung des Lichts zum durchsichtigen Mittel eine Flächen-Anziehung sei. Ich habe nicht nur in meiner theoretischen Physik, sondern und ganz vorzüglich in meinen schon erwähnten drei optischen Ab-



handlungen (welche zu Anfange 1816 in den Annalen erschienen) bestimmt bewiesen, daß diese Anziehung die Affinität der ersten Art sei, und alle optischen Phänomene (mit Ausnahme der doppelten Refraction, wozu aber der Schlüssel in derselben Theorie liegt) aus diesem Satze geometrisch deducirt. Diese Kraft kann aber unvergleichlich größer seyn, als die Flächen-Anziehung und ist es höchst wahrscheinlich, wenn wir die ungeheure, über alle Vorstellung hinausgehende Geschwindigkeit erwägen, mit welcher sie die Theilchen der Materie in den Flüssigkeiten bewegt. Dann muß man nicht vergessen, daß die Anziehung des Lichts zum durchsichtigen Mittel nach dem Satze des umgekehrten Quadrats der Entfernungen berechnet wird, ein Satz, welcher nirgends bewiesen worden ist, mit welchem aber sich immer hübsch große Zahlverhältnisse herausbringen lassen, wenn man ihn auf die Anziehung des Mollécules intégrantes anwendet.

Dieß sind die hochgerühmten Haupterfolge des tiefsinnigen Bestrebens, die Bewegungen der Weltkörper, der unendlich kleinen Theile der ponderablen Materie und



des Lichts mit einem großen Blicke zu überschauen und in einer Rechnung zu umfassen. Diels die Wunder einer tiefen Analysis, welche aus der Figur der Aggregate der Materie alle Naturgesetze, die Gravitation, die Flächen-Anziehung und die Affinitäten, uns vorrechnen will und daran zu glauben uns mit Stolz gebietet.

Ich könnte die übrigen, aus dieser Theorie geschöpften, minder wichtigen Ideen, als z. B. die daselbst angedeutete Ursache des Schwebens der Dünste in der Atmosphäre, auf dieselbe Art beleuchten. Ich denke aber, daß an dem Vorliegenden genug sei, um meinen Zweck zu erreichen, der nicht darin besteht, den Ruhm des großen Analytikers herabzusetzen, sondern streng zu beweisen, wie vielfältig man irren kann und wirklich irrt, wenn man nicht jeder Rechnung nur gehörig documentirte physikalische Sätze zum Grunde legt, sondern von gewissen allgemeinen mechanischen Sätzen ausgeht, deren Anwendbarkeit im vorliegenden Falle problematisch ist, und dann glaubt, man brauche nur noch mit großem Scharfsinn zu rechnen. Diese verkehrte Methode, ein Mißbrauch einer



edlen Wissenschaft, nenne ich die mathematische Natur-Philosophie in dem Sinne, wie die Naturphilosophie in den letzten Zeiten getrieben worden ist und hie und da noch getrieben wird. Jene mathematische Naturphilosophie der französischen Schule ist in so ferne schlimmer, als die metaphysische der Deutschen, als sie mit dem Apparate der mathematischen Analyse, und also mit dem prunkvollen Scheine der Evidenz auftritt und daher viel schwerer ad absurdum zu führen ist, als diese.

Sogar unsere gemeine Elementer-Logik kommt zuweilen bei diesen tiefen Betrachtungen ins Gedränge. La Place behauptet (p. 380 u. 381), daß es unmöglich sei, die Capillar-Phänomene aus dem Conflict der Adhäsionen der Flüssigkeit zur Flüssigkeit und zu den Wänden der Röhren zu erklären, und führt seinen Beweis im Wesentlichen so:

„Die Krümmung der Wasseroberfläche  
 „in einer gläsernen Röhre müßte nach diesem Princip eine andere seyn, als die der  
 „Quecksilber-Oberfläche in derselben Glasröhre; da aber die Capillarwirkung  
 „von der Gestalt dieser Oberfläche



„bedingt wird, so könnten dieselben Gesetze nicht für die Erhebung des Wassers und für die Depression des Quecksilbers statt finden. Es finden aber dieselben Gesetze in beiden Fällen statt; folglich ist die Erklärung auf diesem Wege unmöglich.“

Die erste Prämisse hat La Place nirgends bewiesen; dagegen habe ich gezeigt, daß diese beiden Krümmungen, nach dem von La Place verworfenen Princip, von einer Gattung sein, nämlich eine Art Kettenlinie, mit ungleichen, bei dem Wasser in der Glasröhre positiven, bei dem Quecksilber in derselben Glasröhre negativen Gewichten beschwert. Die zweite Prämisse ist eine *petitio principii*. Denn La Place verlangt durch sie, daß wir schon zum voraus glauben, daß die Krümmung der Oberflächen die Hebungen und die Depressionen bedingt, welches aber erst indirecte durch den ganzen Syllogismus bewiesen werden soll. Um den Schluß dieses Syllogismus zu begründen, verlangt also ihr Autor, daß wir den, nach uns falschen, Grundsatz seiner Theorie für wahr anerkennen, damit er uns daraus beweisen könne, daß unsere Theorie nicht tauge.



Übrigens kann die Wirklichkeit über die Möglichkeit am besten entscheiden. Ich habe nach dem von La Place verworfenen Princip, nach Anleitung bloßer Thatsachen und durch eine Reihe strenggeometrischer Schlüsse, alle Phänomene der Capillarität deutlich erklärt. Und diese vollständige Theorie ist in 34 Seiten meiner theoretischen Physik enthalten. Die Theorie La Place's, mit dem größten Aufwande an analytischem Scharfsinn aufgebaut, nimmt (den frühern Bericht Biots nicht mitgerechnet) 223 Seiten der Annalen ein.

Diese meine Arbeit, welche kein Physiker bis dahin zu Stande gebracht hatte, welche La Place für unmöglich erklärte, ist, vermuthlich weil ich auf eine bescheidene Art auf sie in der Vorrede aufmerksam machte, und weil sie überhaupt allgemein verständlich ist, von den Recensenten in den allgemeinen Litteraturzeitungen von Halle und Jena unbeachtet geblieben, und La Place, dem ich sie besonders mittheilte, schweigt gleichfalls, nicht weislich, darüber.

---

Somit glaube ich den kompetenten Le-



ser in den Staud gesetzt zu haben, zu entscheiden, ob meine Abhandlung die von dem Herrn Herausgeber der Annalen der Physik über sie verhängte Proscription verdient habe oder nicht. Über die Beweggründe hat sich Herr Professor Gilbert zu erklären.

---





















| Joh. Buchstaller.







Parrot, Georg Friedrich,

Über die Capillarität Eine Kritik der Theorie des Grafen La Place über die  
Kraft, welche in den Haarröhren und bei ähnlichen Erscheinungen wirkt

Dorpat [1817]

Phys.sp. 500 h

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10134429-3